

# 中学校理科授業におけるモデル教材を用いた 学習経験と認識に関する研究

— 教員養成課程学生を対象とした質問紙調査に基づいて —

松本 隆行\*・山田 健人\*\*・山田 貴之\*\*\*

(令和5年12月14日受付；令和6年4月4日受理)

## 要 旨

本研究では、教員養成課程学生を対象に質問紙調査を行い、中学校在学時の経験から、どのようなモデル教材を用いた理科の授業を受けていたか、そのモデル教材をどのように捉えていたかを明らかにし、今後、教師がモデル教材を用いた授業を行う際に予想される効果と課題を整理することを目的とした。KH Coderによる計量テキスト分析を行った結果、中学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編（文部科学省，2018b）で例示もしくは扱うべきとされているモデルについて述べた回答の、語句同士のつながりが可視化された。これを受けて、教師がモデル教材を用いた授業を行う際に予想される効果と課題を整理するために、SCATを用いてストーリー・ライン及び理論記述を行った。一例として、地層の形成に関する回答を分析した結果、地層の形成のモデル教材の持つ視覚的認知の機能として、不可視なものの可視化、形成過程の可視化が示された。これにより、教師はモデル教材の効果を生かしながら課題点を回避した指導法を立案できること、生徒はメタモデリングの視点を得られることが期待される。

## KEY WORDS

Science Class of Lower Secondary School 中学校理科授業, Model Materials for Teaching モデル教材, Learning Experience 学習経験, Teachers Training Courses Students 教員養成課程学生, Questionnaire Survey 質問紙調査

## 1. 問題の所在

中央教育審議会（2016）<sup>(1)</sup>は、「現行学習指導要領の成果と課題」として「『観察・実験の結果などを整理・分析した上で、解釈・考察し、説明すること』などの資質・能力に課題が見られる」と指摘している。それを受け、中学校学習指導要領（平成29年告示）の理科の目標において、「観察、実験などを行い、科学的に探究する力を養う」ことが明記された（文部科学省，2018a）<sup>(2)</sup>。そして、この目標を達成するために、中学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編では、第1分野において「自然の事物・現象の規則性や関係性を見いだすことなど、思考力、判断力、表現力等を育成すること」、第2分野において「自然を概観し、事象を比較して検討を行い、共通性と多様性、規則性や関係性を見いだすことにより、その事象と周囲の事象との関係を分析して解釈するなど、思考力、判断力、表現力等を育成すること」が重要であると述べられている。さらに、両分野において「表やグラフの作成、モデルの活用、コンピュータなどICTの活用、レポートの作成や発表を行うことなどが大切である」とし、モデルの活用の有用性を挙げている（文部科学省，2018b）<sup>(3)</sup>。

それでは、教師がモデルを活用する際、どのようなことに留意する必要があるのだろうか。アメリカの中等科学教科書におけるモデルの機能や性質について、内ノ倉（2016）<sup>(4)</sup>は、①視覚化、②説明、③情報・データ収集、④理論の評価、⑤モデルの検証可能性・可変性、⑥モデルと理論構築、⑦モデルによる学習があるとしている（表1）。中学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編（文部科学省，2018b）では16の例が示されており（表2）、これらの機能や性質の一部または全部が含まれている可能性がある<sup>(5)</sup>。モデルの目的や性質についての学習者自身の認識について、稲田・齋藤・内ノ倉・小野瀬（2014）<sup>(6)</sup>は「理科学習におけるモデルの使用は、学習内容の理解を促すだけでなく、科学的探究の能力の育成にもつながる」と述べ、「今後は学習者自身がモデルを使用したり開発したりするモデリングの能力の育成が求められる」と指摘している。このように、モデルの機能や性質を学習者が知識として得ておくことの意義が認められている。

一方、モデルが本物ではないために様々な制約が含まれることなどといった、モデルの限界までを踏まえたモデルに対する生徒の認識は十分とは言えない実態がある。例えば、雲財・松浦（2014）<sup>(7)</sup>は、科学的モデルの目的や性質

\*東京都立新宿高等学校 \*\*さいたま市立美園北小学校 \*\*\*自然・生活教育学系

として、①現象の説明・予測、②特徴の顕在化、③限界性、④暫定性の質問項目を用いて（表3）、中学生と大学生を対象に科学的モデルに対する認識の実態を調査し、中学生は大学生に比べていずれの認識も低くなったとし、「モデルが現象の説明や予測に使われるといったモデルの目的や、モデルが持つ説明の限界性や暫定性といった性質に関する認識がまだ確立していない中学生が多いことが示唆された」と報告している。現象とモデルのつながりについて、古屋（2013）<sup>8)</sup>は、自然現象を言語・数式・図などを用いて予測し、説明するモデリングと、モデリングについてのメタ知識であるメタモデリングを中学校第1学年凸レンズの学習に用い、「モデリングとメタモデリングの両方を用いると、現象とモデルのつながりについて改善されるが、その一方のみでは効果がない」と述べている。しかし、「事物・事象とモデルの対応関係やメタモデリング能力に焦点化した研究は、モデルの開発・修正やモデルを使用した授業実践に関する研究と比較すると、その数は決して多いとは言えない。また、理科において育成すべきスキルの1つとしてモデルを捉え、学習者のモデリング能力やメタモデリング能力について言及している研究は日本では非常に少ない」という現状がある（齋藤、2017）<sup>9)</sup>。

なお、新井（2016）<sup>10)</sup>によれば、教材は「教育の目的・目標を達成するための内容を、教育の対象者に理解させるために制作・選択された図書その他の素材。広義には、教えるための道具としての教具を含む」とある。従って、本研究ではモデル教材を、学習事項の現象や本質などを分かりやすくする教材（図、模型、コンピュータシミュレーションなど）と定義する。

これまで述べてきたように、モデルにはいくつかの機能や性質がある一方で、それらの認識がまだ確立していない中学生の存在が示唆された。また、中学生に対するモデルの使用の場面で、モデリングとメタモデリングの両方を用いる効果が報告されているものの、そうした研究の蓄積は未だ十分とは言えないことも明らかとなった。これらのことから、中学校学習指導要領にあるモデルを活用した学習指導を教師がしていくためには、中学生がどのようなモデル教材を用いた理科の授業を受けているのか、そのモデル教材をどのように捉えているかについて明らかにする必要がある。

しかしながら、長期化するコロナ禍において、著者らが学校現場に出向き、中学生にモデル教材の認識について詳細な調査を実施することは難しい状況にある。そこで、本研究では教員養成課程の大学生（以下、学生と表記）を対象に質問紙調査を行い、中学校在学時の経験から、どのようなモデル教材を用いた理科の授業を受けていたか、そのモデル教材をどのように捉えていたかを明らかにし、今後、教師がモデル教材を用いた授業を行う際に予想される効果と課題を整理することとした。なお、調査対象者に学生を選定した利点として、多数の中学校の授業について調査できること、中学校理科のモデル教材を使用した記憶がまだ新しいこと、小学校理科の指導法を学修しておりモデル教材について分析できる能力があると期待されることの3点がある。

表1 ホルト科学教科書に基づいて、内ノ倉（2016）が整理したモデルの機能や性質

- |  |
|--|
| <p>①視覚化</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・モデルは、非常に小さい／大きいものを表現するのに使われる</li> <li>・モデルは、頭の中でイメージを描く助けとなり得る</li> </ul> <p>②説明</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・モデルは、科学的な理論を説明するのを助けるのに使われる</li> </ul> <p>③情報・データ収集</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・モデルは、新しい情報の探索に役立つ</li> </ul> <p>④理論の評価</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・モデルを利用して得られた情報が、理論を支持することや、それが誤っているのを示すことに役立つ</li> </ul> <p>⑤モデルの検証可能性・可変性</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・モデルは、検証されうるものである</li> <li>・モデルは、変化し、置き換わりうる</li> </ul> <p>⑥モデルと理論構築</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・モデルは、仮説の一種でもあり得る</li> <li>・理論は、科学的な思考を組織化するのに役立つ概念的なモデルである</li> </ul> <p>⑦モデルによる学習</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・モデルは、目に見えないものを学習するときにも使われる</li> <li>・モデルは、新しい情報を学習するのに役立つ</li> </ul> |
|--|

表2 例示もしくは扱うべき16のモデル（文部科学省，2018b）

<ul style="list-style-type: none"> <li>・粒子のモデル（物質の水への溶解，状態変化）</li> <li>・原子や分子のモデル（化学変化，質量変化の規則性）</li> <li>・イオンのモデル（水溶液の電気伝導性，中和反応，電池の仕組み）</li> <li>・染色体のモデル（遺伝）</li> <li>・太陽と惑星のモデル（位置や大きさ）</li> <li>・モデル実験（火山の形成，地層の形成，前線の構造，日周運動と自転，年周運動と公転と季節の星座，太陽と金星，遺伝交配）</li> </ul>
--

表3 雲財・松浦（2014）による科学的モデルの目的や性質

観点	質問項目
①現象の説明・予測	<ul style="list-style-type: none"> <li>・科学では，モデルを用いることで，現象を説明・予測することができる</li> <li>・科学における現象の説明や予測は，モデルを用いて行われる</li> <li>・科学では，これまでに作られたモデルを別の現象に適用することで，新たな予測を行う</li> <li>・科学において，モデルは現象の説明や予測など，重要な役割を果たしている</li> </ul>
②特徴の顕在化	<ul style="list-style-type: none"> <li>・モデルは複雑な現象を単純にし，簡潔に表すことができる</li> <li>・モデルは理解しにくい抽象的な性質を，分かりやすく表すことができる</li> <li>・モデルは目に見えにくい現象を，目に見える単純な形で表すことができる</li> </ul>
③限界性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・モデルによる現象の説明には限界がある</li> <li>・モデルは現象を完全に説明することはできない</li> <li>・モデルには，現象を説明する上で利点と欠点が存在する</li> </ul>
④暫定性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・モデルは，一時的なものであって，変化する可能性がある</li> <li>・現在科学者の間で認められているモデルは，時代が変わると，変化することがある</li> <li>・科学におけるモデルは，一度作られると将来変わることはない（反転項目）</li> </ul>

## 2. 研究の目的

本研究では，学生を対象に質問紙調査を行い，中学校在学時の経験から，どのようなモデル教材を用いた理科の授業を受けていたか，そのモデル教材をどのように捉えていたかを明らかにし，今後，教師がモデル教材を用いた授業を行う際に予想される効果と課題を整理することを目的とした。

## 3. 研究の方法

自由記述式の質問紙調査を実施し，学生からの回答を得ることとした。テキスト分析については，プレ・コーディングではなく，計量テキスト分析を通してコードを抽出するポスト・コーディングとし，その後，大谷（2007）<sup>(1)</sup>が考案した質的データ分析手法であるSCAT（Steps for Coding and Theorization）を用いて，ストーリー・ラインと理論記述の生成を図ることとした。これにより，中学校理科授業で用いられるモデル教材についての学生の認識の構造化を試みることにした。

### 3.1 質問紙の作成

表4の通り，6つの質問項目を作成した。回答の際，学生がモデル教材について具体的にイメージすることができるよう，質問紙の表紙に説明文を記載した（表5）。質問Aでモデル教材を1つだけ思い出すこととした理由は，質問B以降で同じ教材について多面的に捉えた回答を得るためである。質問BとCは，生徒として授業を受けたときの学習者視点の使用感を聞いた。質問Dは，モデル教材が思考の道具として自由に使いこなせるか自覚を聞いた。例えば，分子模型であれば，頭の中で見たい角度に動かせると回答されれば「はい」に該当する。仮に，ビデオ教材を漫然と見ていて，一時的な記憶に留まり思考の材料となっていないと回答されれば「いいえ」となる。質問Eは，当時の授業者の意図を聞いている。多くの場合，教師は教材を利用する意図を生徒に説明しなかったと思われるため，学生が現在の認識を基に教師のモデル教材使用の意図を想像する回答になると考えられる。つまり，メタモデリングの視点の回答が得られることを期待した。質問Fは，思い出したモデル教材と同目的で代替できる新しい別のモデル教材を聞いた。学生にモデリングの能力があり，モデル教材を用いた意義が明確な場合，代替案を挙げられることを期待した。

表4 6つの質問項目

- A：あなたが使用したモデル教材の中で最も印象に残っているものを1つ思い出してください。それはどんなモデル教材ですか？科目・領域を○で囲んでください（物理・化学・生物・地学）、モデル教材の名称、単元名、装置の様子など、なるべく伝わるように書いてください。
- B：そのモデル教材は、あなたにとってどんなメリットがあったと感じましたか？
- C：そのモデル教材は、あなたにとってどんなデメリットがあったと感じましたか？
- D：現在のあなたは、目の前にそのモデル教材が無くても頭の中で思い浮かべて利用することができますか？○で囲んでください（はい・いいえ・その他）。また、思い浮かべられない理由を書いてください。
- E：あなたの先生は、どんな考えでそのモデル教材を使ったと思いますか？
- F：そのモデル教材と同じ目的で使える新しい別のモデル教材を考え付きますか？考え付いたら、どんなモデル教材なのかを書いてください。

注) 質問Fでは「はい・いいえ」での回答を求めている。

表5 モデル教材についての説明文

モデル教材とは、学習事項の現象や本質などを分かりやすくする教材（図、模型、コンピュータシミュレーションなど）のこと。中学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編（文部科学省、2018b）では、以下のモデルが例示もしくは扱うべきものとされている。

- ・粒子のモデル（物質の水への溶解、状態変化）
- ・原子や分子のモデル（化学変化、質量変化の規則性）
- ・イオンのモデル（水溶液の電気伝導性、中和反応、電池の仕組み）
- ・染色体のモデル（遺伝）
- ・太陽と惑星のモデル（位置や大きさ）
- ・モデル実験（火山の形成、地層の形成、前線の構造、日周運動と自転、年周運動と公転と季節の星座、太陽と金星、遺伝交配）

### 3. 2 調査の対象と時期

国立大学法人A大学の「初等理科指導法」を受講する学生225名（大学生151名、大学院生74名）を対象に、2020年8月に質問紙調査を行った。回答は225名分、26,628字を得た。なお、本研究では年齢、高等学校時の科目選択の履修歴、取得予定の教育職員免許状の種類といった、学生の属性については回答を求めている。

### 3. 3 分析の流れ

6つの質問項目への回答は自由記述式でありテキストデータである。そこで、まずはテキストデータを分析することができる形式に変換することから始めた。計量テキスト分析は後述のKH Coderで行った。分析に際して、テキストデータの修整は最低限に留めた。具体的には、明らかな誤字の修正と、「わかりません」等回答できないことを表す文章及び生物の解剖などモデルを用いない実験そのものの回答を削除した。その結果、225名分の回答のうち、質問A～Fで少なくとも1つ以上を自由記述で回答した174名分を分析用データとした。

また、学生ごとに質問A～Fへの回答を結合させて1つに集約した。これは本研究の質問紙が1つのモデル教材について多面的に質問しているため、質問A～Fを分けて分析すると見いだせたはずの事柄を見逃す可能性があるからである。例えば、あるモデル教材が持つ働きを複数の学生が挙げるとき、ある学生はどのようなモデル教材かを聞いた質問Aの中で回答し、また別の学生はモデル教材のメリットを聞いた質問Bの中で回答するということが起こり得る。従って、質問A～Fの6つの自由記述の回答を1つに結合させることで、計量テキスト分析を行う際の共起の度合いを確認しやすくなることが期待される。ただし、モデル教材のメリット及びデメリットで類似の表記が見られた場合、異なる文脈下での記述内容の整合性の齟齬が懸念される。

そこで、本研究では次の2点により対応できると考えた。①KH Coderでは、テキスト同士の関連を数値化するため、文脈から離れて探索的に分析できる点。②SCATでは、KH Coderでの分析結果を踏まえて分析者がテキストデータを用いて、他の回答と比較検討しながら概念化していくため、文脈を読み間違える危険性が少ない点。

## 4. 計量テキスト分析の結果と考察

計量テキスト分析には、計量テキスト分析ソフトウェアであるKH Coder 3.Beta.01gを用いた。計量テキスト分析とは、「計量的分析手法を用いてテキスト型データを整理または分析し、内容分析（content analysis）を行う方法」である（樋口、2020）<sup>(12)</sup>。分析用データをKH Coderに読み込み計量テキスト分析を行うことで、中学校理科のモデル教材の使用の用途や効果の実態、生徒の使用感、教師の使用意図の達成の程度などの構造化を試みた。KH Coderで

は、「前処理」という操作により、テキストデータの文を品詞に分解する形態素解析が行われ、分析対象となる「語」<sup>(註1)</sup>が抽出される。この「抽出語」から、対応分析や共起ネットワークといった多変量解析によるテキストデータの量的分析や可視化が行われる。

分析にあたって、テキストデータの修整は、「コンピュータ」と「コンピューター」、「むずかしい」と「難しい」のような表記ゆれの統一を行った。これにより、分析対象のテキストデータは「総抽出語数」17,093、「異なり語数」1,450となった。KH Coderの機能の1つである「前処理・語の取捨選択」では、KH Coderが行う日本語を品詞単位まで分解する形態素解析にあたって、事前に「強制抽出する語」と「使用しない語」を決めておくことができる。本研究では活用形が異なっても同じ「語」として扱うこととした。「語」を強制抽出した結果、例えば、「化学反応」は「化学」と「反応」に分けずに1語として数えることができる。「抽出語」の数を表6に、「強制抽出する語」のリストを表7に示す。なお、「使用しない語」は設定しなかった。「語」の取捨選択により、「総抽出語」が減り、異なり語数は増えた結果、テキストデータは「総抽出語数」16,839、「異なり語数」1,474となった。表4の質問Aにおいて学生が選択した科目・領域<sup>(註2)</sup>は、物理0名、化学67名、生物31名、地学67名、無回答9名であった。物理については、中学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編（文部科学省、2018b）<sup>(註3)</sup>で示された16のモデルの中に、物理分野のものが無いことによる影響が推察される。

「抽出語」の出現回数と、その回数出現した「語」の度数の関係についての表8とグラフ（図1、横軸は対数軸）を示す。グラフから、「抽出語」は最小出現回数5回のもので分析に使用することとした。その理由として、KH Coderでは一般にグラフの傾きの変化が緩くなり始める箇所を、それを判断する目安としていること、関連性が低い「抽出語」を取り上げないために、デフォルトの設定としてそれが5回に設定されていることが挙げられる。なお、使用する「抽出語」があまり多いと図が混雑して関係性が見えにくくなる恐れがあることから（牛澤、2019；樋口、2020）<sup>(註4)</sup>、KH Coderでは対応分析や共起ネットワークの作図の際に付置する「抽出語」の数を100～150程度に抑えることを推奨している。しかし、本研究では「抽出語」同士の関連性を見いだすために、探索的に計量テキスト分析を用いているため、ある程度の関連性が認められているものについてはそのまま採用することとした。その結果、後述の対応分析及び共起ネットワークで用いる「抽出語」の数は242となった。

学生のモデル教材について使用経験やメリット・デメリット、理解の度合い等の回答内容と科目の関係を対応分析したものを図2<sup>(註5)</sup>に示す。図2では、成分1が地学とそうでないもの、成分2が生物とそうでないものと解釈され、化学、生物、物理に関係する語句がそれぞれ固まっている。かたまりに属さない語句、例えば「教科書」は化学、生物、地学のいずれからも離れた場所にあり、どの科目・領域も共通して述べられていることが分かる。このように、回答内容は回答したモデル教材の科目・領域に大きく関連していることが推察されるが、科目・領域に関係なくモデル教材全般に当てはまる内容の回答も存在することが見て取れる。それを確かめるために共起ネットワークを分析することとした。

図3に分析で生成した共起ネットワークを示す。図3中の円はノードと呼ばれ「抽出語」を指している。大きい円は小さい円よりテキストデータ内で出現頻度が高いことを表している。ノードとノードを結ぶ線はエッジと呼ばれ、結ばれた「抽出語」同士の共起の度合いが結ばれていないものよりも強いことを表している。「抽出語」同士の結びつきが比較的強いものはグループとして検出され、色分けされる。グループ分けの検出の仕方は「サブグラフ検出」と呼ばれている。グループ間にまたがる共起のエッジは点線で表される。設定は「語-語」、「抽出語」の最小出現数5、エッジは上位120番目まで、共起関係の尺度はJaccard係数<sup>(註6)</sup>とした。ここでも、科目・領域ごとに関係した「語」が多く結ばれていることが分かる。

例えば、上部の青色のノードで示された01番のグループは地学分野、左の橙色の02番のグループは化学分野である。科目・領域以外に着目すると、右上の「授業」「大変」「準備」が結ばれている。回答文に照らし合わせるコンコードダンスを見ると、教師側がモデル教材を準備する大変さを示していることが分かる。その左下の「1つ」「席」「全員」は、モデル教材が1つしかないため、よく見ることができなかったことを、中央下の「特に」「デメリット」は、モデル教材を用いることのデメリットがないことをそれぞれ示している。その他、科目・領域の内容に限定されないグループに属する「語」及び科目・領域のグループに属しているが理科の用語とのつながりが比較的弱い「語」として、「手」「変化」「印象」「構造」「想像」「過程」「活動」「用意」「一目」「身近」「立体的」「容易」「深い」などが見られた。また、地学のグループに存在する「コンピューター」「シミュレーション」「動画」「映像」については、コンコードダンスにより地学分野に該当する13回答の他、生物に3回答、化学に7回答が該当した。

科目・領域の枠組みを超えた「語」の抽出を行うため、「語」と外部変数（ここでは科目）との結びつきを確かめる共起ネットワークを生成した。設定は「語-外部変数（科目・領域）」、「抽出語」の最小出現数5、エッジは上位120番目まで、共起関係の尺度はJaccard係数とした（図4）。「語-語」の共起ネットワークと比べて1つないし複数

の科目・領域に関係する語句が分かりやすい。複数の科目・領域の枠組みを超えた語句として、新たに「視覚的」「形」「記憶」「仕組み」が見いだされた。KH Coderの計量テキスト分析によって、中学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編（文部科学省，2018b）<sup>(5)</sup>で例示もしくは扱うべき16のモデルについて回答された語句同士のつながりが可視化された。

表6 抽出語の数

調査対象者数	225	
(うち有効回答数)	174	
「前処理」語	取捨選択前	取捨選択後
総抽出語数	17,093	16,839
(うち使用数)	6,831	6,716
異なり語数	1,450	1,474
(うち使用数)	1,190	1,215

表7 強制抽出する語のリスト（全41語）

アクリルケース，イオンモデル，イオン結合，ジェットコースター，シャボン玉，パワーポイント，ピンポン玉，ブラックライト，ふり子，マッサージ機，ミラーリング，モデル教材，モデル実験，らせん構造，位置関係，印象的，液状化，化学式，化学電池，化学反応，化学反応式，化学変化，可視化，可能性，原子モデル，減数分裂，子どもたち，視覚化，視覚的，自分たち，自由落下，食物連鎖，人体模型，正四面体，染色体，体験的，二重らせん，分子モデル，分子構造，立体的，粒子モデル

表8 抽出語の出現回数の分布と度数分布

異なり語数：1215，出現回数の平均（標準偏差）：5.53（20.31）					
出現回数	度数	%	累積度数	累積%	「語」の例
1	630	51.9	630	51.9	3D, RNA, かきまわす
2	189	15.6	819	67.4	ATP, アニメーション
3	101	8.3	920	75.7	つまづく, らせん構造
4	53	4.4	973	80.1	ICT, タブレット
5	28	2.3	1001	82.4	リアル, 遺伝, 強い
6	35	2.9	1036	85.3	くっつける, 化学反応
7	18	1.5	1054	86.8	プレート, 過程, 光源
8	18	1.5	1072	88.2	思い出せる, 映像
9	16	1.3	1088	89.6	H <sub>2</sub> O, 宇宙, 黒板
10	13	1.1	1101	90.6	化学式, 実験, 比較

注) 紙面の都合上，出現回数11から475までは省略した。

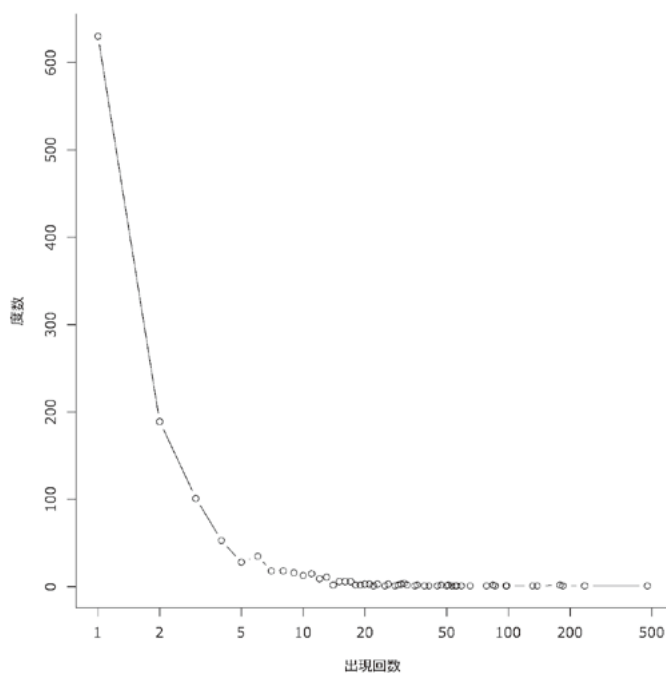


図1 抽出語の出現回数の分布と度数分布

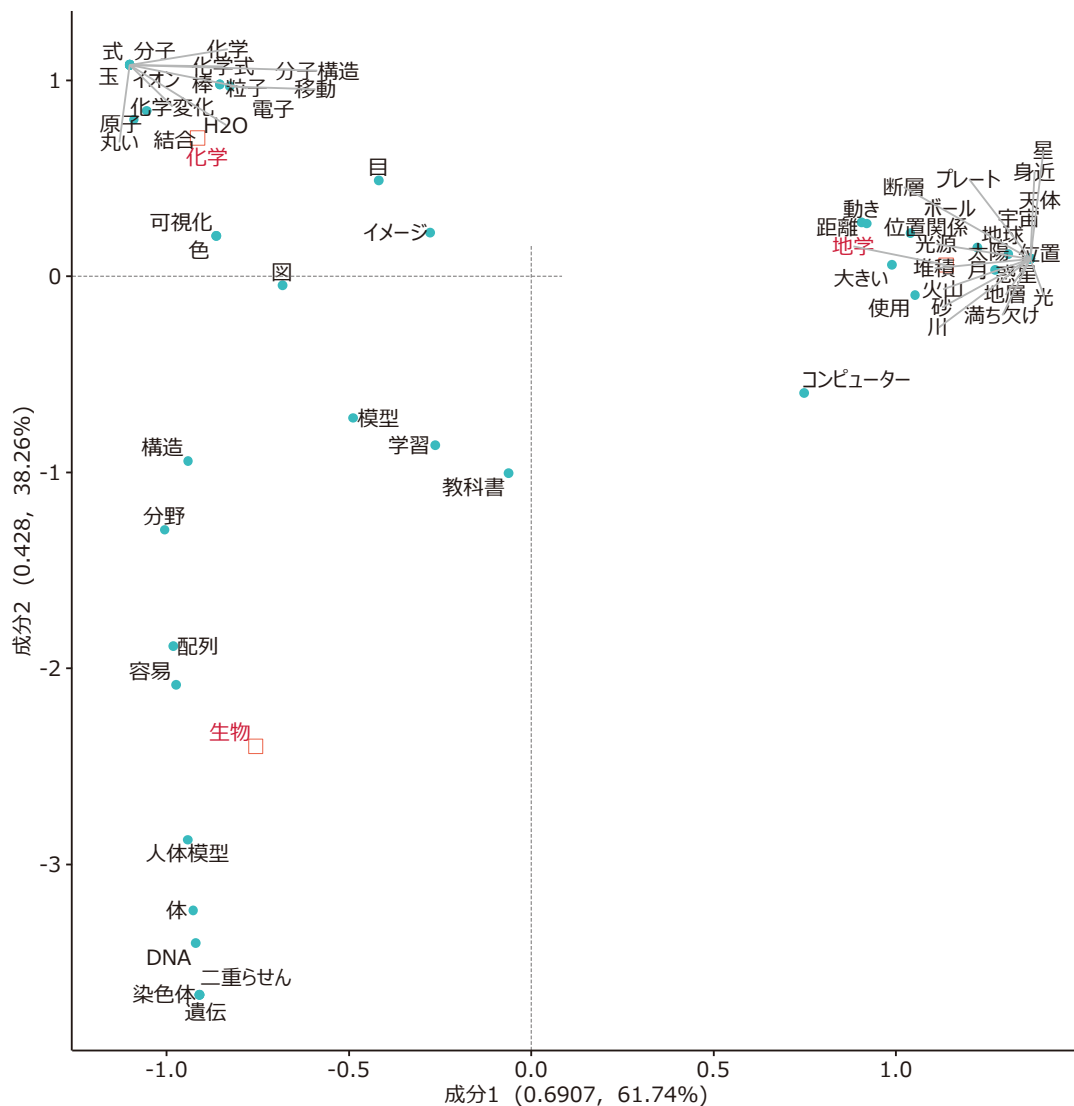


図2 対応分析 (最小出現数5, 語×外部変数 (科目・領域), 上位60語表示)

### 5. SCATの対象及び分析者の立場

上述の「4. 計量テキスト分析の結果と考察」において、中学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編（文部科学省, 2018b）<sup>(5)</sup>で例示もしくは扱うべきとされている16のモデル（表2）について述べた回答の、語句のつながりが可視化された。このつながりを踏まえて、本研究の目的である、教師がモデル教材を用いた授業を行う際に予想される効果と課題を整理するために、SCATを用いてストーリー・ライン及び理論記述を行った。分析用データは計量テキスト分析と同じく174名分を対象とした。分析の具体的な手続きは表9に示す通りである。この手続きは、箇条書きの小さなテキストデータである自由記述回答をグループ化した上で言い換え、概念化していく福士・名郷（2011）<sup>(15)</sup>の活用法、並びにその援用である越智・上田・磯崎（2018）<sup>(16)</sup>を参考にした。

ここで分析者の立場を述べる。分析者は筆頭著者であり、高等学校理科（主に化学）教師として10年以上の経験を持ち、これまでにイオン結合や分子構造に関するモデル教材を考案し、様々な学会で発表している。質問紙調査を実施した2020年当時は大学院修士課程に在籍し、主に理科教育学に関する研究を行っていた。これが本研究におけるモデル教材の分析に影響を与えている。また、第2著者は2020年当時理科教育を学ぶ大学院生、第3著者は理科教育学研究者であり、筆頭著者が行ったSCATの分析を精査し、疑問点が生じた場合は検討して修正し、疑問点が解消されるまで協議した。なお、第3著者は筆頭著者の指導教員であり、研究全体のデザインを担当した。

分析にあたり、テキストデータの修整は明らかな誤字の修正のみとし、計量テキスト分析で行ったような表記ゆれの統一はせず、元に戻した。これは、原文を尊重し「ぬきだす」SCATの方針（大谷, 2019）<sup>(17)</sup>に則ったためである。

その上で、表2に示した16のモデルに関する分析ワークシートを作成した(資料1)。具体的には、分析ワークシートと対応しているモデルに相当する回答数は、「原子や分子のモデル」が33、「原子や分子のモデル、イオンのモデル」が8、「原子や分子のモデル、イオンのモデル」が23、「染色体のモデル」が16、「モデル実験(年周運動と公転と季節の星座)」が7、「太陽と惑星のモデル」が20、「モデル実験(火山の形成)」が6、「モデル実験(地層の形成)」が12、「モデル実験(日周運動と自転)」が18、「モデル実験(日周運動と自転、年周運動と公転と季節の星座)」が19、「モデル実験(遺伝交配)」が5、「粒子のモデル(物質の溶解)」が1、「粒子のモデル(状態変化)」が0、「モデル実験(前線の構造)」が0、「モデル実験(太陽と金星)」が0であった。中学校学習指導要領(平成29年告示)解説理科編(文部科学省, 2018b)<sup>6)</sup>で例示のない「内臓・人体模型」が10であった。ただし、174名分の中で回答が1つしかなかった粒子のモデル(物質の水への溶解)と、回答が1つもなかった粒子のモデル(物質の水への溶解, 状態変化), モデル実験(前線の構造), モデル実験(太陽と金星)については分析ワークシートを作成しなかった。

また、原子や分子のモデル、イオンのモデル、モデル実験(日周運動と自転)は、異なる複数の単元において使用されることから、回答傾向ごとに単元を分けて分析ワークシートを作成した。具体的には、原子や分子のモデルについて回答したものには分子の形状を見る分子模型、原子からイオンに変化することを示す図、化学反応において原子同士が結びついたり離れたりすることを表す図、磁石や模型が見られた。これらはモデル教材の目的、位置づけが異なると考えられることから、分析ワークシートをNo. 1, 2, 3のように分けて作成し、分析した。加えて、回答する数が多かった内臓・人体模型の分析ワークシートを作成した。このように16のモデルのうち、分析ワークシートを作成できたのが12のため、数が合わないことを予め断っておく。

コーディングは回答文のテキスト毎に行い、回答文の中から分析者が注目すべきと思われた語句を抜き出した<sup>(25)</sup>。本研究は174名を対象にモデル教材について質問していることから、類似の回答が非常に多い。そこで、複数の回答のオープンコードに繰り返し現れるものを別の言葉で表現する言い換えを行い、概念化した。例えば、資料3のテーマ・構成概念に記載した「不可視なものの可視化」は、資料2におけるテキスト中の「実際に地面の積み重ねを目で見る」「簡単に目で見れるものではない」及び「見るができない」といった、繰り返し現れる注目すべき語句を言い換えて概念化したものである。

そして、得られたすべての概念を用いてストーリー・ラインを記述し、理論記述を行った。これを分析ワークシートごとに行った。一例として、地層の形成に関係する12の回答を分析したワークシート「No. 8 地層の形成」の分析手順と結果を以下に示す(資料2, 3)

まず、12の回答のオープンコード(注目すべきと思われた語句)を35個抜き出した。具体的には、「後片付け」「つくるだけ」「最も強力な感覚器官」「片付けが比較的楽に済む」「実際の川」「装置自体が簡単」「目の前で見せること」「歴史を感じる」「自分たちで地層を作り上げていく」「実際に地面の積み重ねを目で見る」「ワクワク感」「それだけで勉強が楽しい」「少し手間と時間がかかる」「ニガテ意識」「身近なものに感じてほしい」「簡単に目で見れるものではない」「しょうげきだった」「詳しく観察できた」「鮮明な映像を思い浮かべられる」「平面ではなく立体的にみる」「役立ったこと」「ほんやりとした記憶」「実際に見て触って学ぶ」「実際に提示する」「透明な容器」「見るができない」「教材が小さかった」「つみあがっていくかを目でみる」「応用がきかない」「想像だけではくみあわせが分からない」「川に行かなくても」「見るができる」「後片付けが少し大変」「実際に川に行く」「知識を生きた学びにする」である。

次に、複数の回答のオープンコードに繰り返し現れるものを別の言葉で表現する言い換えによって「不可視なものの可視化」「形成過程の可視化」「形成過程の体験」「実施の面倒さ」「インパクトのある楽しさ」「理解の容易さ」といった6つのテーマ・構成概念が得られた。

これにより、テーマ・構成概念をすべてつなぎ合わせたストーリー・ラインとして、「地層の形成のモデル教材は、不可視なものの可視化や形成過程の可視化といった視覚的認知の機能のほか、地層の形成過程の体験という時間経過を迫る利点があり、理解の容易さにつながっている。また、インパクトのある楽しさが生徒を惹きつけると期待できるが、後片付け等の実施の面倒さが教材の使用の抵抗感を生んでいる。」が得られた。なお、このストーリー・ラインは以下の「地層の形成のモデル教材の視覚的認知の機能として、不可視なものの可視化がある」「教材の視覚的認知の機能として、形成過程の可視化がある」「教材の利点として、形成過程の体験がある」「教材の機能及び利点を生かすと、生徒の理解の容易さにつながる」「教材にはインパクトのある楽しさがある」「教材の使用後の片付け等、教師側の実施の面倒さがある」の6点の理論記述を含んでいる。

SCATの分析ワークシートでは、さらに追究すべき点・課題として、分析者の気づきを書き留める枠がある。今回は「砂でなくビーズなど他の物で代用すれば、後片付けが楽になるのか」「本物の地層の形成と同じメカニズムが起



きていると見なしていいのか」の2点があった。

上記と同様の手順で、分析ワークシートごとにストーリー・ラインを記述した結果を資料4に示す。なお、表中の下線部は回答文から得た概念である。No.12の分析ワークシートまでのストーリー・ラインの記述を見ると、「1. 問題の所在」で述べたモデルの機能や性質と一致しているものがあることが分かる。例えば、アメリカの中等科学教科書の分析において、内ノ倉(2016)<sup>(4)</sup>が挙げたモデルの機能や性質の1つに視覚化があった。視覚化の有用さがストーリー・ライン中に表れた分析ワークシートはNo. 1～6, 8, 12であり、本研究で調査対象とした学生の回答が内ノ倉(2016)<sup>(4)</sup>の知見に適合することが示唆される。このような回答文からモデル教材を俯瞰すると、科目・領域、分野・単元の枠組みを超えたモデルの機能や性質の概念の存在が推察される。

そこで、計量テキスト分析で複数の科目・領域の枠組みを超えた語句による分析ワークシートを20追加した(資料5)。例えば、「コンピューター」「シミュレーション」「動画」「映像」の語句を含む23の回答についての分析ワークシート名を「映像」、 「授業」「大変」「準備」の語句を含む18の回答についての分析ワークシート名を「準備」とした。しかし、20の分析ワークシートのうち、「デメリット」は質問文C「そのモデル教材は、あなたにとってどんなデメリットがあると感じましたか?」に対して「デメリットは無かった」と回答したものが多かったこと、「用意」は3回答に留まること、「容易」は5回答に留まり回答に共通点が見いだせなかったこと、「深い」の語句を含む回答は「理解が深まる」「興味深い」などといった表現の一部でありモデル教材を直接言い表したものではなかったことから、分析ワークシートを削除した。その結果、分析ワークシートの数は16となった。分析の方法は、中学校学習指導要領(平成29年告示)解説理科編(文部科学省, 2018b)<sup>(6)</sup>に記載のモデルを分析したワークシートと同じ方法であ

表9 分析の具体的な手続き

- ①データ入力: 回答文を「SCATのフォーム」に入力する
- ②グループ化: 「SCATのフォーム」を、同じモデルについての回答文ごとの分析ワークシートに分ける
- ③言い換え: 分析ワークシート内で繰り返し現れる文脈を踏まえて他の語句へ言い換える
- ④概念化: 分析ワークシート内から浮かび上がる潜在的テーマを概念化する
- ⑤ストーリー・ライン生成: すべての概念を組み入れた全体像を、関係性を含めて文章化する

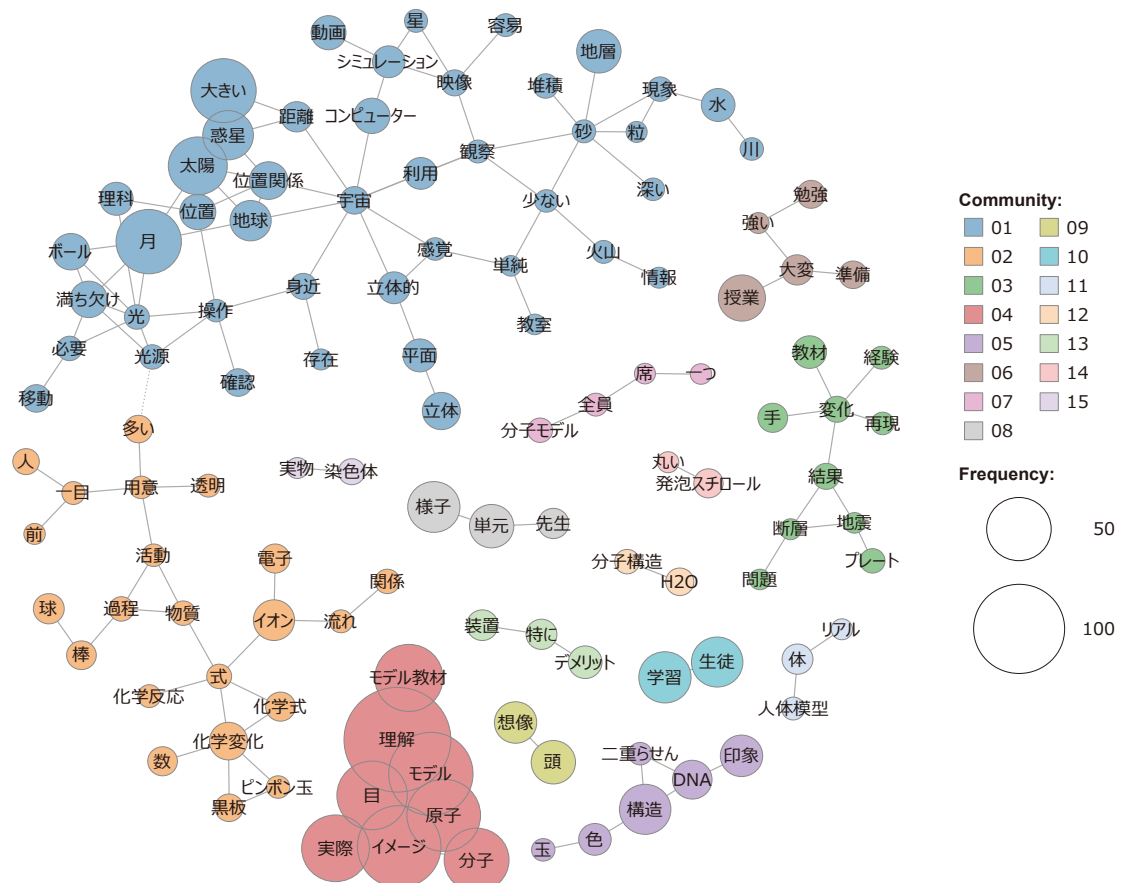


図3 共起ネットワーク(語-語, 最小出現数5, edge上位120, Jaccard係数)

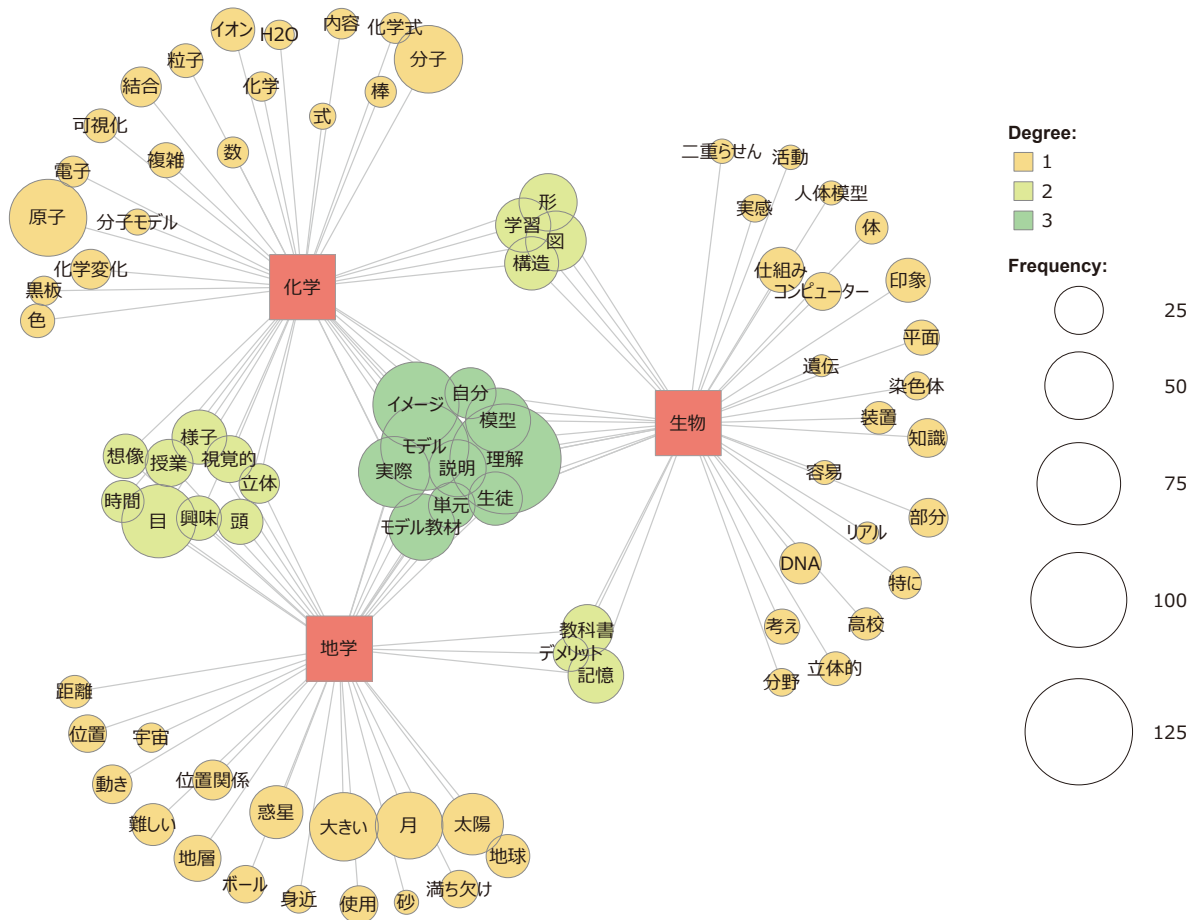


図4 共起ネットワーク (語一科目, 最小出現数5, edge上位120, Jaccard係数)

る。分析ワークシートごとにストーリー・ラインを記述した結果を資料6に示す。なお、表中の下線部は回答文から得た概念である。

### 6. 総合考察

ここまで、質問紙で得られた回答を生データとしてSCATの分析ワークシートを作成した。各回答からオープンコードを抜き出し、分析者が言い換えることで概念を得た。その上で、得られたすべての概念を用いて、ストーリー・ラインを記述し、理論記述を行った。以下に、得られた理論記述に基づく具体的な指導法を例示する。

分析ワークシート「No. 8 地層の形成」は、中学校第1学年理科の「(2)大地の成り立ちと変化 (イ)地層の重なりと過去の様子㉞地層の重なりと過去の様子」の単元に関連している。例えば、「中学校科学1」(霜田・森本ほか32名, 2020)<sup>(18)</sup>では、土砂を流したときの積もり方を調べるモデル実験が掲載されている。このモデル実験を念頭に提案する。

理論記述では、地層の形成のモデル教材の持つ視覚的認知の機能として、不可視なものの可視化、つまり地面の下といった見えない場所を見られるようにする機能と、形成過程の可視化、つまり長い時間かけて形成された地層の過程を短時間で見られるようにする機能があることが示された。したがって、教師が指導する際、「地層は地面の下で、しかも長い時間かかってできるものなので、今日の授業ではこの模型を使います」というようにモデル教材を用いる目的を明確にしながら生徒に提示する指導が考えられる。このことにより、生徒はメタモデリングの視点を得られることが期待される。

また、地層の形成のモデル教材の利点として、形成過程の体験があること、インパクトのある楽しさがあることが示された。現象を間近で見たり操作したりする体験が、強い印象や興味関心の喚起、そして授業の楽しさにつながっている。その反面、教材が小さ過ぎるために後ろの座席の生徒が見えづらくなると、これらの利点が失われてしまう

恐れがある。教師は、生徒全員が実感できるような見せ方、使い方に留意する必要がある。

以上の機能及び利点を生かすと、生徒の理解の容易さにつながるものが理論記述で示された。教師が生徒の理解の不十分さを見取った場合、モデル教材を使用した授業に変更することが望ましい。このようなメリットが本単元のモデル教材に存在するが、教材の使用後の片付け等に教師側の実施の面倒さがあることが理論記述で示された。実施が面倒であるが故、モデル実験をしなくなることを避けるために、土と砂の代わりにビーズを用いる等、学校の状況に応じた工夫が考えられる。

分析ワークシートを用いた具体的な指導は、紙幅に限りがあるため、ここでは「No. 8 地層の形成」のみ例示した。28の分析ワークシートから得られたストーリー・ラインは、教師がモデル教材を使用する際に現れる可能性のある効果と課題である。教師はこのストーリー・ラインを参照することで、モデル教材の効果を生かし、課題点を回避した指導法を立案できることが期待される。

## 7. まとめ

本研究では、学生を対象に質問紙調査を行い、中学校在学時の経験から、どのようなモデル教材を用いた理科の授業を受けていたか、そのモデル教材をどのように捉えていたかを明らかにし、今後、教師がモデル教材を用いた授業を行う際に予想される効果と課題を整理することを目的とした。KH Coderによる計量テキスト分析を行った結果、中学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編（文部科学省，2018b）<sup>(6)</sup>で例示もしくは扱うべきとされているモデルについて述べた回答の、語句同士のつながりが可視化された。また、それ以外の複数の科目・領域の枠組みを超えた語句同士のつながりが可視化された。これを受けて、教師がモデル教材を用いた授業を行う際に予想される効果と課題を整理するために、SCATを用いてストーリー・ライン及び理論記述を行った。

まず、中学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編（文部科学省，2018b）<sup>(6)</sup>で例示もしくは扱うべきとされているモデルを中心に12の分析ワークシートを作成した。分析ワークシートごとにコーディングし、12のストーリー・ラインを記述した。次に、計量テキスト分析で複数の科目・領域の枠組みを超えた語句に関する16の分析ワークシートを追加した。分析ワークシートごとにコーディングし、16のストーリー・ラインを記述した。これら28のストーリー・ラインを参照することで、教師はモデル教材の効果を生かしながら課題点を回避した指導法を立案できること、生徒はメタモデリングの視点を得られることが期待される。

今後の課題は以下の2点である。

- ・学生の属性との関連については調査していないため、本研究で得られた知見は限定的なものである。さらに、教師の使用場面において、本研究では認められなかったメリット・デメリットが存在する可能性があるため、状況に合わせてモデル教材を使用することが望まれる。
- ・学生が述べているモデル教材が、具体的にどのようなものであるかを詳細に調査していないため不明である。併せて、デメリットと感じたことについても学生の記憶や印象であるため、それが正確に把握されているかは判断できていない。今後、調査対象者を中学生とし、モデル教材がどのようなものであるかについての認識の実態を調査する必要がある。

## 注釈

- (1) 「語」「抽出語」「総抽出語」「異なり語数」「強制抽出する語」「使用しない語」はKH Coderの用語であり、そのまま用いている。
- (2) 中学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編（文部科学省，2018b）<sup>(9)</sup>では、「エネルギー」「粒子」「生命」「地球」といった4つの「領域」を柱とした内容で構成されており、「科目」といった表記は見当たらない。一方、高等学校学習指導要領（平成30年告示）解説理科編理数編（文部科学省，2019）<sup>(20)</sup>では、化学、化学基礎、物理、物理基礎等を「科目」と表記している。本研究では、中学校在学時にどのようなモデル教材を用いた理科授業を受けていたのかを学生に調査したのだが、思い出せない場合は、より記憶に新しい高等学校在学時の学習経験まで拡張することを認めたため、表4の質問Aにおいて高等学校の科目名を選択肢として明示するとともに、「科目・領域」と表記された質問紙を作成することとした。
- (3) 図2の成分1及び2は、対応分析によって抽出されたものであり、分析者が解釈する（牛澤，2019）<sup>(21)</sup>ものである。
- (4) Jaccard係数は、2つの言葉（XとY）の共起頻度（ $n(X \cap Y)$ ：同じ文書の中で用いられた数）を基準化（ $\div n(X \cup Y)$ ：X，Yのどちらか一方が出現する文書数で除算）した尺度である。0から1の範囲をとり、0に近いほど共起性が弱く、

1に近いほど共起性が強いことを示す(牛澤, 2019)<sup>(22)</sup>。

- (5) 回答文のテキストの中から語句を抜き出す際、「研究トピックに関わる語、気になる語、疑問に思う語、理解できない語、あるいは語句、あるいは文字列」といった観点を分析者が持つことが重要である(大谷, 2007)<sup>(23)</sup>。この知見を踏まえ、本研究では分析者である筆頭著者がこれらを注目すべき語句として抜き出した。

## 付記

本稿は、筆頭著者が2021年3月に上越教育大学大学院に提出した修士論文の一部を加筆修正し、再構成したものである。また、本研究の一部は、JSPS科研費21K13660の助成を受けて行われた研究成果に基づいている。

## 引用文献

- (1) 中央教育審議会：「幼稚園，小学校，中学校，高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について(答申)」，p.145, 2016.
- (2) 文部科学省：「中学校学習指導要領(平成29年告示)」東山書房，p.78, 2018a.
- (3) 文部科学省：「中学校学習指導要領(平成29年告示)解説理科編」学校図書，p.27, 72, 2018b.
- (4) 内ノ倉真吾：「アメリカ中等科学教科書におけるモデルの開発・利用に関する内容構成の特質－ホルト科学教科書と日本の理科教科書との比較に基づいて－」『教材学研究』27, p.119, 2016.
- (5) 再掲(3) pp.37-39, p.46, 48, 49, 51, pp.58-62, p.82, 83, 95, 102, 105, 107, 108.
- (6) 稲田結美・齋藤恵・内ノ倉真吾・小野瀬倫也：「モデルに関連する能力の育成から考える理科カリキュラム－『霧の発生』のモデル実験に対する大学生の認識調査－」『日本理科教育学会全国大会発表論文集』64, p.85, 2014.
- (7) 雲財寛・松浦拓也：「中学生の科学的モデルに対する認識」『日本科学教育学会研究会研究報告』29(3), pp.13-16, 2014.
- (8) 古屋光一：「モデリング・メタモデリングを取り入れた授業は有効か？－中学1年生の凸レンズ学習の授業を通して－」『日本理科教育学会全国大会発表論文集』63, p.317, 2013.
- (9) 齋藤恵：「日本の理科教育におけるモデルの使用に関する問題点」『上越教育大学大学院修士論文』15, 2017.
- (10) 新井郁男：「第1章 教材とは」日本教材学会編『教材学概論』図書文化，p.9, 2016.
- (11) 大谷尚：「4ステップコーディングによる質的データ分析手法SCATの提案－着手しやすく小規模データにも適用可能な理論化の手続き－」『名古屋大学大学院教育発達科学研究科紀要(教育科学)』54(2), pp.28-29, 2007.
- (12) 樋口耕一：「社会調査のための計量テキスト分析【第2版】内容分析の継承と発展を目指して」ナカニシヤ出版，p.15, 2020.
- (13) 牛澤賢二：「やってみようテキストマイニング－自由回答アンケートの分析に挑戦－」朝倉書店，p.62, 2019.
- (14) 再掲(12) p.174.
- (15) 富士元春・名郷直樹：「指導医は医師臨床研修制度と帰属意識のない研修医を受け入れられていない－指導医講習会における指導医のニーズ調査から－」『医学教育』42(2), pp.65-73, 2011.
- (16) 越智拓也・上田裕太・磯崎哲夫：「中学校理科教師の専門的成長に関する質的研究－授業研究から何を学ぶのか－」『科学教育研究』42(3), pp.231-241, 2018.
- (17) 大谷尚：「質的研究の考え方」名古屋大学出版会，p.300, 2019.
- (18) 霜田光一・森本信也ほか32名：「中学校科学1」学校図書，p.214, 2020.
- (19) 再掲(3) p.12.
- (20) 文部科学省：「高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説理科編理数編」実教出版，pp.24-25, 2019.
- (21) 再掲(13) p.58.
- (22) 再掲(13) p.52.
- (23) 再掲(11) p.31.

【資料編】

1. 主に中学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編（文部科学省，2018）に記載されている16のモデルに関する分析ワークシート名

No	ワークシート名	対応するモデル	回答数
1	分子構造・結晶構造・原子構造	原子や分子のモデル	33
2	イオンの生成とイオン結合	原子や分子のモデル，イオンのモデル	8
3	化学反応式	原子や分子のモデル，イオンのモデル	23
4	DNAの二重らせん構造と塩基配列	染色体のモデル	16
5	年周運動と公転	モデル実験（年周運動と公転と季節の星座）	7
6	太陽系の天体	太陽と惑星のモデル	20
7	火山	モデル実験（火山の形成）	6
8	地層の形成	モデル実験（地層の形成）	12
9	日周運動と自転	モデル実験（日周運動と自転）	18
10	月の満ち欠け	モデル実験（日周運動と自転，年周運動と公転と季節の星座）	19
11	遺伝	モデル実験（遺伝交配）	5
12	内臓・人体模型	（記載なし・第2学年）	10
-	ワークシート無	粒子のモデル（物質の溶解）	1
-	ワークシート無	粒子のモデル（状態変化）	0
-	ワークシート無	モデル実験（前線の構造）	0
-	ワークシート無	モデル実験（太陽と金星）	0

注）ワークシート無は回答少数のため。回答数の合計は178である。複数回答した学生により，表4の質問Aにおいて学生が選択した科目・領域の合計174（物理0名，化学67名，生物31名，地学67名，無回答9名）とは異なっている。

2. 分析ワークシートNo.8「地層の形成」(②グループ化)

テキスト	注目すべき語句
砂山を流水にさらしてたい積した地層を調べた。砂の粒の大きさによって流れ着く距離とたい積する層が違うことを視覚的に理解することができた。後片付けが大変に面倒臭かった。砂山をアクリルケースの中につくるだけであるから。視覚という最も強力な感覚器官で捉えるため。「砂粒の大きさが違うと，たい積する場所や順番が違う」ことさえ分かれば良いので，ビーズなどで代用すれば片付けが比較的楽に済むのではないかと考える。	後片付け，つくるだけ，最も強力な感覚器官，片付けが比較的楽に済む
水槽に砂が入っていて，ペットボトルの水を流して，川を模したのを見ながら，流れ方や三角州などを学んだ。実際の川を見るより見やすく，わかりやすかった。すべての川がそうなるという誤った概念を生んでしまう可能性がある。装置自体が簡単だから。理解を深めるため。目で目の前で見せることが，深い学びにつながると思ったから。	実際の川，装置自体が簡単，目の前で見せること
地層の形成 地球という惑星の歴史を感じる事ができたとともに，自分の住んでいる土地がどのような場所であったことを知ることができた。自分達で地層を作り上げていくことを通して，砂や石の積み重なりを確認した上で，映像を実際に近くの地層がむき出しになっているところを観察する。地層は主に表れて見えているところは少ないため，未知なことが多いが，実際に地面の積み重ねを目で見ることで，地層というものに親しみを持ってもらうとともに，地層についての考えを発展的にするため。	歴史を感じる，自分たちで地層を作り上げていく，実際に地面の積み重ねを目で見る
泥・砂・れきの堆積する様々を，実際に水そうで表現していた。まずとても印象にのこった。実際にやる，というのは，ワクワク感があって，それだけで勉強がたのしいものになった。少し手間と時間がかかるかもしれない。片付けも。思いうかべられなくはないが，こんなに深く理解するには時間と根気がいると思う。わかりやすくしたい 印象づけたい ニガテ意識をつけさせたくない 実際のことがらを出し，勉強を身近なものに感じてほしい。トラフや海溝のモデル。あそこはわかりにくく，つまづきやすいと個人的に思った。五感をつかうモデル教材をつかうことによって，つまづきやすい所を，自信をもって答えられるぐらい，印象の強いものにしたい。	ワクワク感，それだけで勉強が楽しい，少し手間と時間がかかる，ニガテ意識，身近なものに感じてほしい
ペットボトルに水を入れ，そこに粒の大きさが違う，砂や泥を流し込むことで，「粒の大きいものが沈殿し，小さいものは上に沈殿する」という現象を見た。水の中の地層は簡単に目で見るものではないので見える装置になっていたことで見やすかった。モデル教材を使って授業していた時がしょうげきだったので覚えている。子どもたちに分かりやすいように。ペットボトルではなく，水そうとかもっと大きな容器でやってみようと思った。	簡単に目で見るものではない，しょうげきだった
地層の単元。泥水をかきまわし，何が先に積もるか。沈殿の様子など詳しく観察できた。鮮明な映像を思い浮かべられる。泥が水中に舞う様子がとても分かりやすく見ることが出来る。	詳しく観察できた，鮮明な映像を思い浮かべられる
地層のつくり 地層のつくり方を平面ではなく立体的にみる事ができたこと。知識・技能がないから。地層のでき方を分かりやすく説明するため。川に行つて子どもたちで地層を使ってみる。	平面ではなく立体的にみる
堆積について，火山灰のつもる順と，地層の状態 記憶に残りやすく，今でも多少覚えている。現在の人生において役立ったことがない。ほんやりとした記憶であり，地層のイメージしかないため。わかりやすく説明するため。	役立ったこと，ほんやりとした記憶

地層の形成や火山 実際に見て、触って学ぶことができた。その時の情報が頭の中に入っているから、思い出すことができる。教科書ではなく、実際に提示することで興味関心を持たせるねらい。	実際に見て触って学ぶ、実際に提示する
地層の作られ方を透明な容器を用いて教えてもらった記憶がある。視覚的に捉えることができた。地層は見るができないので想像しやすかった。教材が小さかったので、後ろの席から見えづらい。土が重なっているところは思い出されるが、最初から使っているわけではないので分からない。普段見えないところを理解できるようにするため。	透明な容器、見るができない、教材が小さかった
地層の形成の場面で、地層の断面図の模型を使用した気がします。どのように地層がつまみがあっていくかを目で見ることができ、応用がきかない 想像だけではなくみあわせが分からないから実際の体験を通して、地層の作りについて理解させたかった。	つまみがあっていくかを目で見、応用がきかない／想像だけではなくみあわせが分からない
流れる水の働き 実際にスコップで土を入れてピーカーで水を流して侵食運搬堆積ができるようすをみるモデル教材 川に行かなくても、侵食運搬堆積を見ることができ知識になる 後片付けが少し大変 どんな装備だったか細部まで覚えていないから 実際に川に行くことは厳しいためモデル教材を授業で使った 知識を生きた学びにするため。	川に行かなくても、見ることができ、後片付けが少し大変、実際に川に行く、知識を生きた学びにする

### 3. 分析ワークシートNo.8 「地層の形成」(④概念化以降)

テーマ・構成概念	不可視なものの可視化／形成過程の可視化／形成過程の体験／実施の面倒さ／インパクトのある楽しさ／理解の容易さ
ストーリー・ライン	地層の形成のモデル教材は、 <u>不可視なものの可視化</u> や <u>形成過程の可視化</u> といった視覚的認知の機能のほか、 <u>地層の形成過程の体験</u> という時間経過を追える利点があり、 <u>理解の容易さ</u> につながっている。また、 <u>インパクトのある楽しさ</u> が生徒を惹きつけると期待できるが、 <u>後片付け等の実施の面倒さ</u> が教材の使用の抵抗感を生んでいる。
理論記述	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地層の形成のモデル教材の視覚的認知の機能として、<u>不可視なものの可視化</u>がある。</li> <li>・教材の視覚的認知の機能として、<u>形成過程の可視化</u>がある。</li> <li>・教材の利点として、<u>形成過程の体験</u>がある。</li> <li>・教材の機能及び利点を生かすと、生徒の<u>理解の容易さ</u>につながる。</li> <li>・教材には<u>インパクトのある楽しさ</u>がある。</li> <li>・教材の使用後の片付け等、<u>教師側の実施の面倒さ</u>がある。</li> </ul>
さらに追究すべき点・課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>・砂でなくビーズなど他の物で代用すれば、後片付けが楽になるのか。</li> <li>・本物の地層の形成と同じメカニズムが起きていないと見なしていないのか。</li> </ul>

注) 表中の下線部は概念を示す。

### 4. 主に中学校学習指導要領(平成29年告示)解説理科編(文部科学省, 2018b)に記載の16のモデルに関する分析結果

No.	ワークシート名	ストーリー・ライン
1	分子構造・結晶構造・原子構造	原子・分子のモデルや結晶のモデルは、 <u>視覚的理解の容易さ</u> による <u>視覚表象の獲得</u> によって <u>粒子概念の可視化</u> や <u>立体構造の把握</u> を生徒にもたらしている。また、 <u>回転可能な立体</u> を手にとることや <u>結合・分解の体験</u> を行うことで、 <u>おもしろさ</u> や <u>印象深さ</u> を生徒に与えている。一方、教材を十分に揃えられない場合の <u>数の少なさ</u> からくる <u>触る時間の短さ</u> や教材の <u>こわれやすさ</u> が生徒や教師にとって使用上の欠点となるほか、 <u>結晶や分子に複雑な構造の難解さ</u> がある場合はモデルをもってしても説明に限界があるといえる。
2	イオンの生成とイオン結合	イオンの生成とイオン結合のモデル教材は、 <u>不可視なものの可視化</u> によって <u>視覚的理解の容易さ</u> を生徒にもたらしている。その一方、 <u>十分な理解無く扱うようなお仕着せな活動</u> となってしまう恐れがある。
3	化学反応式	化学反応式における原子・イオンのモデルおよび結合のモデルの使用は、この単元にある <u>見えない変化の理解の難解さ</u> に対して、 <u>不可視なものの可視化</u> の利点の、特に <u>結合や原子数の変化の過程の可視化</u> という利点がある。用いられる <u>モデルの明解さ</u> により使用が簡単であることと、単元の中でたびたび再登場する <u>汎用性</u> が定着に効果的にはたらいっている。一方、モデルを使いこなすには単元への理解が必要であり、モデルの使用には単元そのものの <u>理解不足の限界</u> がある。モデル教材に伴う困難として、教師側には、 <u>準備・用意の面倒さ</u> があり、生徒側にはモデルを <u>操作しない受け身の態度</u> になる恐れがある。
4	DNAの二重らせん構造と塩基配列	DNAのモデル教材は、 <u>立体で可視化</u> でき、 <u>作ったり動かしたりしての理解</u> ができるほか、 <u>インパクト</u> を生徒に与える利点がある。
5	年周運動と公転	年周運動と公転のモデル教材は、 <u>位置関係と動きの可視化</u> のはたらきがあり、 <u>視点の移動</u> ができることから <u>太陽の周りを回る地球の位置</u> を理解しやすい。また、生徒にとって教材の使用の <u>容易さ</u> があり、現象をイメージしやすいことから <u>学習したくなる教材</u> である。
6	太陽系の天体	太陽系の天体のモデル教材には、 <u>位置関係と大きさの可視化</u> のはたらきがあり、生徒は <u>実感</u> を伴う理解ができるほか、 <u>太陽の大きさや太陽系の大きさ</u> など、 <u>インパクトのある楽しさ</u> を感じるメリットがある。一方、 <u>理解の深まりはモデルの示す内容止まり</u> であることに加え、 <u>教材の数の少なさ</u> や教材を <u>自由に動かさない受け身な授業</u> になることや <u>準備の面倒さ</u> があるといったデメリットも持ち合わせている。
7	火山	火山のモデル教材は、 <u>触る</u> 、 <u>見る体験</u> を通しての <u>理解</u> ができる利点がある。
8	地層の形成	地層の形成のモデル教材は、 <u>不可視なものの可視化</u> や <u>形成過程の可視化</u> といった視覚的認知の機能のほか、 <u>地層の形成過程の体験</u> という時間経過を追える利点があり、 <u>理解の容易さ</u> につながっている。また、 <u>インパクトのある楽しさ</u> が生徒を惹きつけると期待できるが、 <u>後片付け等の実施の面倒さ</u> が教材の使用の抵抗感を生んでいる。

9	日周運動と自転	日周運動と自転のモデル教材は、教科書の平面ではなく立体物もしくは映像を用いることによって興味関心を引くことができ、視覚的理解の容易さもあり、作業を取り入れた教材では作ったり動かしたりしての理解もできるが、そうでない教材の場合は、自由に動かせない受け身な態度になることもある。また、準備・片付けの面倒さのデメリットが存在する。
10	月の満ち欠け	月の満ち欠けのモデル教材は、立体物での確認ができることから視点移動の容易さがありモデルを動かしての理解がしやすい利点がある。立体物の装置の単純さがあり、生徒は楽しく理解することができる。反面、準備の面倒さがあり、準備・操作にかかる時間が必要なことがデメリットである。
11	遺伝	遺伝のモデル教材は、動かしたり図に描いたりしての理解ができる利点がある。
12	内臓・人体模型	人体全体を対象とした人体模型と臓器、器官に焦点を絞った教材があり、人体模型は普段見えない部分の可視化ができることから構造の理解につなげることができ、臓器、器官の教材は働きを理解につなげられる利点がある。どちらも視覚的な理解促進を図ることが共通しており、学習意欲の喚起が期待できる。

注) 表中の下線部は概念を示す。

5. 計量テキスト分析で複数の科目・領域の枠組みを超えた語句に関する分析ワークシート名

No.	ワークシート名	対象とする回答文に含まれていた「語」(少なくとも1つ以上)	回答数
13	映像	コンピューター, シミュレーション, 動画, 映像	23
14	準備	授業, 大変, 準備	18
15	全員分の困難さ	1つ, 席, 全員	8
16	手で触る・動かす	手	6
17	変化	変化	6
18	印象	印象	25
19	想像	想像, 頭の中で描く	6
20	過程	過程, 教材の使用過程	8
21	活動	活動	5
22	一目	一目	5
23	身近	身近	7
24	立体的	立体	36
25	視覚的	視覚的, 目に見える	35
26	形	形	18
27	記憶	記憶, 覚える, 思い出す	52
28	仕組み	仕組み, しくみ	20
-	デメリット	デメリット無し (10回答)	13
-	用意	用意	3
-	容易	容易	5
-	深い	理解が深まる, 興味深い (モデル教材を言及していない)	9

6. 計量テキスト分析で複数の科目・領域の枠組みを超えた語句に関する分析結果

No.	ワークシート名	ストーリー・ライン
13	映像	映像を利用した教材は、観察不可能な物・現象を可視化することから、臨場感のあるインプットになり、また教科書より分かりやすい教材であることから楽しみながらの学習ができ、興味・関心の喚起につながっている。特に、コンピューターの利用はシミュレーションの条件設定の自由さを生かすことができ、シミュレーションに限らず、他の教材の代替としてのコンピューターの使用のニーズがある。反面、教室に1つだけの教材となりがちで、生徒の触れる時間が少ないことが課題である。
14	準備	準備が必要な教材は、準備の大変さの他、授業の時間内に収める大変さや後片付けの大変さがあり、教材によっては大きいことによる不便さも使用をためらわせる要因になっている。その一方で、理解しやすさや興味を引く楽しさ、インパクトの強さといった点が、生徒の苦手意識の払拭のために困難を乗り越えて使用したいと思わせる利点であるため、準備の大変さを解消するような代替案のニーズがある。
15	全員分の困難さ	教材を全員分用意することが困難な教材は、1人1つではないことから生徒の関わる時間の短さが生じ、離れて見る見づらさが課題である。しかし、それらの教材は視覚的な分かりやすさから生徒に興味の喚起をさせることが期待できる。
16	手で触る・動かす	手で触ったり動かしたりする教材は理解しづらい目に見えないものの学習に用いられ、その働きはモデルを触っての理解とモデルを動かしての理解の2つが挙げられる。
17	変化	変化を表す教材は、観察できないものの可視化や動く過程の可視化の働きによって、理解が難しいものの助けとなっている。
18	印象	生徒にとって、目新しさがある教材、特徴的な形をしている教材、分かりやすさのある教材、本物の模倣をした教材は印象に残ることが期待できる。

19	想像	想像しやすくする教材には、 <u>平面情報の立体化の働きと言語情報の図示化の働き</u> とがある。
20	過程	過程を表現する教材は、 <u>途中の状態の可視化</u> をする働きがある。
21	活動	活動を含む教材とは、 <u>教材の使用中に構造や動きを再現する活動</u> を含むものであり、その活動は <u>作業の容易さを伴っている</u> 。
22	一目	一目で分かる教材は、 <u>その場での理解のしやすさ</u> があり、 <u>生徒の理解度の均一化</u> が意図されている。
23	身近	生徒が学習内容を身近に感じる教材のねらいは、 <u>スケールの大きなものの引き寄せによるものと学習の敷居の引き下げによるもの</u> があり、それには <u>実際の現象の再現</u> によって行う場合がある。ただし、 <u>準備の手間ひまが必要</u> である。
24	立体的	教科書等の平面の図を立体化した教材は、 <u>平面と立体の理解の質の違い</u> をふまえて、 <u>科学全般の構造の学習</u> 、主に化学における <u>つながりと数の学習</u> 、主に天体における <u>空間配置と大きさの学習</u> 、 <u>運動と位置関係の学習の場面</u> で、 <u>立体的な視認による理解</u> 、 <u>感触を伴う理解</u> 、 <u>作業を伴う理解</u> のために利用される。その際、教科書等の紙媒体との <u>相補的關係</u> がある。
25	視覚的	視覚に訴える教材には、 <u>文字や図による理解の補助的役割</u> があり、 <u>繰り返し見ることによる定着</u> が期待できる。 <u>単純なものを一回で理解可能</u> にすることができる反面、 <u>複雑なものを視覚化しても難解のまま</u> であるという限界がある。また、 <u>視覚に強く訴えた結果</u> 、 <u>現象や結果に注目し要点の理解が不十分</u> になる恐れが存在する。
26	形	形に注目させる教材には、 <u>月の形の学習のようにその形になる仕組みの理解</u> を目的とするものと、 <u>分子の形の学習のように形を覚えさせるが最終的に決まった形になる仕組みの存在</u> を示唆するものと、 <u>DNAの形の学習のように初めから形を与える印象付け</u> を目的としたものの3つがある。
27	記憶	教材が記憶に残っている原因として、 <u>活動を通じた記憶の定着</u> によるもの、 <u>動きの視覚化による記憶の定着</u> によるもの、 <u>数やつながりの視覚化による記憶の定着</u> によるもの、 <u>作業による記憶の定着</u> によるもの、 <u>興味や楽しさによる記憶の定着</u> によるものがある。
28	仕組み	学習事項の仕組みの教材の働きには、 <u>動きのあるメカニズムの理解の助け</u> と <u>動きのない構造の理解の助け</u> の2つがある。

注) 表中の下線部は概念を示す。



# Study of Learning Experience and Recognition that Used Model Materials for Teaching/Learning in Science Class of Lower Secondary School:

Based on a Questionnaire Survey of Teachers Training Courses Students

Takayuki MATSUMOTO\* · Kento YAMADA\*\* · Takayuki YAMADA\*\*\*

## ABSTRACT

The goal of this study was to conduct a questionnaire survey of students to find what type of model materials for teaching/learning they had received in their science classes and how they perceived those model materials for teaching/learning based on their experiences in lower secondary school, as well as to organize the expected effects and issues for teachers when conducting classes using model materials for teaching/learning in the future. The connections between the words in the responses describing models that were examples or that were to be dealt with in the teaching guide for the courses of study for lower secondary school science (Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, 2018b) were visualized as a result of the quantitative text analysis using KH Coder. Furthermore, the connections between words across multiple subjects and domains were visualized. Following that, a storyline and theoretical description were created using Steps for Coding and Theorization (SCAT) to organize the expected effects and issues for teachers when using the model materials for teaching/learning. For example, the analysis of the responses related to geological strata revealed that the visual cognition function of the model materials for geological strata formation is to visualize invisible objects and the geological strata formation process. This has allowed teachers to plan instructional methods that avoid problems while maximizing the effectiveness of model materials, and it is expected to help students gain a meta-modeling perspective.

---

\* Tokyo Metropolitan Shinjuku Upper Secondary School    \*\* Saitama Municipal Misonokita Elementary School  
\*\*\* Natural and Living Science